

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 823 770

(21) N° d'enregistrement national : 01 05317

(51) Int Cl⁷ : C 30 B 33/00, C 30 B 29/36, B 05 D 5/12

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19.04.01.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.10.02 Bulletin 02/43.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE Etablissement de caractère scientifique techni-
que et industriel — FR.

(72) Inventeur(s) : DERYCKE VINCENT et SOUKIAS-
SIAN PATRICK.

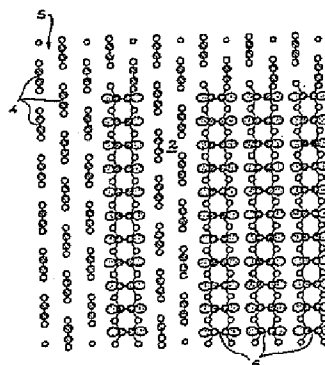
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : BREVATOME.

(54) PROCEDE DE TRAITEMENT DE LA SURFACE D'UN MATERIAU SEMICONDUCTEUR, UTILISANT
NOTAMMENT L'HYDROGENE, ET SURFACE OBTENUE PAR CE PROCEDE.

(57) Procédé de traitement de la surface d'un matériau
semiconducteur, utilisant notamment l'hydrogène, et surfa-
ce obtenue par ce procédé.

Selon l'invention, on utilise par exemple l'hydrogène, on
prépare la surface (S) pour qu'elle présente, à l'échelle ato-
mique, une organisation contrôlée, et l'on hydrogène la sur-
face ainsi préparée, la préparation et l'hydrogénation de la
surface coopérant pour obtenir un état électrique prédéfini
de la surface. L'invention trouve des applications, notam-
ment en microélectronique, à la métallisation ou la passiva-
tion d'une surface semiconductrice.



FR 2 823 770 - A1



PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE LA SURFACE D'UN MATÉRIAU
SEMICONDUCTEUR, UTILISANT NOTAMMENT L'HYDROGÈNE, ET
SURFACE OBTENUE PAR CE PROCÉDÉ

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un procédé de traitement de la surface d'un matériau semiconducteur, utilisant notamment l'hydrogène.

10

Selon le traitement, l'invention permet en particulier de métalliser ou de passiver cette surface du matériau semiconducteur.

L'invention s'applique notamment en microélectronique.

15

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

En ce qui concerne la métallisation de la surface d'un matériau semiconducteur, utilisant l'hydrogène, on se reportera aux documents suivants :

- [1] F. Maier et al., Phys. Rev. Lett. 85, 3472 (2000)
- 20 [2] T. -C. Shen et al., Science, 268, 1590 (1995)
- [3] Hitosugi et al., Applied Surface Science, 130-132 (1998) 340-345
- [4] P. Doumergue et al., Physical Review B, 59, 22 (1995).

25

Le document [1] concerne l'étude du mécanisme qui permet à un diamant de présenter une conductivité de surface après hydrogénation. Il est montré que l'hydrogène est nécessaire mais pas suffisant pour établir cette conductivité et que cette

dernière est rendue possible par la présence d'eau dans l'air. Cette modification du diamant ne reste pas localisée en surface mais s'étend en profondeur, ce qui la rend proche d'un dopage.

5 La technique connue par le document [1] présente des inconvénients.

En effet, le dopage obtenu ne permet pas de retrouver l'un des avantages de l'utilisation de l'hydrogène, à savoir l'obtention d'une surface
10 métallisée la plus fine possible et d'une interface abrupte permettant le meilleur contact possible, ce qui est important en électronique.

De plus, la conductivité obtenue par le mécanisme mis en évidence dans ce document [1] n'est
15 possible qu'avec le diamant hydrogéné et pas avec les autres semiconducteurs.

Le document [2] montre qu'en enlevant sélectivement des groupes d'atomes d'hydrogène d'une surface de Si(100) hydrogénée au moyen d'un STM ou
20 microscope à effet tunnel (en anglais « scanning tunneling microscope »), il est possible de métalliser localement cette surface.

La technique connue par le document [2] présente des inconvénients : en fait, la métallisation
25 de la surface nécessite l'adsorption ultérieure d'un métal et reste localisée.

Selon les documents [3] et [4], l'arrachage sélectif de l'un des deux atomes d'hydrogène terminant des dimères de silicium permet d'obtenir une ligne
30 métallisée.

La technique connue par ces documents [3] et [4] présente des inconvénients.

En effet, elle nécessite l'utilisation d'un STM pour l'arrachage des atomes d'hydrogène les uns après les autres, seule une ligne métallisée étant obtenue à chaque opération.

De plus, cette technique est longue et coûteuse à mettre en œuvre, ce qui rend son application industrielle difficile.

En ce qui concerne la passivation de la surface d'un matériau semiconducteur, utilisant l'hydrogène, on se reportera aux documents suivants :

[5] M. Oura et al., Surf. Sci. Rep. 35, 1(1999)

[6] P. Kratzer et al., Phys. Rev. Lett. 81, 25 (1998).

Le document [5] divulgue des techniques qui consistent soit à passiver une surface de silicium en l'exposant à de l'hydrogène atomique soit à graver chimiquement le silicium par des solutions d'acide fluorhydrique.

Les techniques connues par le document [5] présentent des inconvénients :

- il est nécessaire de dissocier l'hydrogène moléculaire pour obtenir de l'hydrogène atomique,

- cette réaction ne peut être faite à température ambiante, et

- la gravure chimique entraîne une détérioration de la surface du matériau à l'échelle atomique (élimination de Si).

Le document [6] divulgue la passivation d'une surface de Si(100)2x1 par adsorption dissociative d'hydrogène moléculaire.

La technique connue par le document [6] présente des inconvénients.

En effet, le mécanisme mis en jeu lors de cette dissociation nécessite la présence d'imperfections de surface. La passivation est donc très localisée car les parties du matériau ne présentant pas ces imperfections ne réagissent pas à température ambiante.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents en proposant un procédé plus simple que les techniques connues, mentionnées plus haut, en vue de mettre la surface d'un matériau semiconducteur dans un état électrique donné.

L'invention concerne en particulier :

- un procédé de métallisation de la surface d'un matériau semiconducteur, qui ne présente pas les inconvénients des techniques divulguées par les documents [1] à [4], et

- un procédé de passivation de la surface d'un matériau semiconducteur qui ne présente pas les inconvénients des techniques divulguées par les documents [5] et [6].

De façon précise, la présente invention a pour objet un procédé de traitement de la surface d'un matériau semiconducteur, en vue de mettre cette surface dans un état électrique prédéfini, le matériau

semiconducteur étant de préférence monocristallin, ce procédé étant caractérisé en ce que :

- on prépare la surface du matériau semiconducteur pour que cette surface présente, à
5 l'échelle atomique, une organisation contrôlée, et

- on combine la surface ainsi préparée à une matière choisie parmi l'hydrogène, des molécules contenant de l'hydrogène, des métaux, des molécules organiques et des molécules inorganiques,
10 la préparation et la combinaison de la surface à la matière coopérant pour obtenir l'état électrique prédéfini de la surface.

Selon un premier mode de mise en œuvre particulier du procédé objet de l'invention, dans
15 lequel la matière est l'hydrogène, l'état électrique prédéfini est un état conducteur et le procédé permet la métallisation de la surface du matériau semiconducteur,

- on prépare cette surface de façon que
20 cette surface possède des liaisons pendantes (en anglais « dangling bonds »), capables d'adsorber des atomes d'hydrogène, et

- on hydrogène la surface ainsi préparée, de manière à métalliser cette surface.

25 Dans le cas de ce premier mode de mise en œuvre particulier,

- pour hydrogéner la surface ainsi préparée, on peut exposer directement cette surface à de l'hydrogène à l'état atomique, jusqu'à saturation
30 (de cette surface par cet hydrogène atomique) ou utiliser une technique chimique d'hydrogénation ex

situ, c'est-à-dire dans un dispositif différent de celui où l'on a préparé la surface,

- le matériau semiconducteur est par exemple le carbure de silicium,

5 - de préférence, le carbure de silicium a une structure cubique et la surface du carbure de silicium est préparée de façon à présenter, à l'échelle atomique, une organisation contrôlée de symétrie 3x2, puis cette surface est exposée à l'hydrogène atomique
10 jusqu'à saturation,

- de préférence, le carbure de silicium est maintenu à une température comprise dans l'intervalle allant de la température ambiante à 900°C, en particulier 300°C, lors de l'hydrogénation de la
15 surface du carbure de silicium, et

- l'hydrogène peut être l'hydrogène au sens strict, c'est-à-dire l'isotope ^1H , ou le deutérium, c'est-à-dire l'isotope ^2H , ou un mélange de ceux-ci, en particulier l'hydrogène naturel.

20 Selon un deuxième mode de mise en œuvre particulier du procédé objet de l'invention, dans lequel la matière est l'hydrogène, l'état électrique prédéfini est un état isolant, le matériau semiconducteur est le carbure de silicium cubique et le
25 procédé permet la passivation de la surface du carbure de silicium cubique,

- on prépare cette surface de façon que cette surface présente, à l'échelle atomique, une organisation contrôlée de symétrie c(4x2), et

- on traite la surface ainsi préparée pour obtenir une surface 2x1 ordonnée à l'échelle atomique et saturée d'hydrogène.

Dans ce cas, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, pour obtenir la surface 2x1 ordonnée à l'échelle atomique et saturée d'hydrogène, on expose la surface présentant, à l'échelle atomique, l'organisation contrôlée de symétrie $c(4 \times 2)$, à de l'hydrogène moléculaire, jusqu'à saturation, tout en maintenant le carbure de silicium à la température ambiante (approximativement égale à 20°C).

A titre d'exemple, la pression de l'hydrogène moléculaire est approximativement égale à 10^{-8} hPa.

Selon un troisième mode de mise en œuvre particulier du procédé objet de l'invention, dans lequel l'état électrique prédéfini est un état semiconducteur et le matériau semiconducteur est un substrat monocristallin de carbure de silicium terminé par un plan atomique de carbone de configuration sp , constituant la surface du matériau, on transforme ce plan en un plan atomique de carbone de configuration sp^3 , de type diamant, tout en exposant la surface à la matière, afin de favoriser cette transformation.

La présente invention concerne aussi la surface du matériau semiconducteur obtenue par le procédé objet de l'invention.

BRÈVE DESCRIPTION DU DESSIN

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et

nullement limitatif, en faisant référence à la figure unique annexée qui illustre schématiquement un procédé conforme à l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

5 On décrit maintenant un exemple du procédé objet de l'invention, permettant de « métalliser », c'est-à-dire de rendre électriquement conductrices, des surfaces semiconductrices (ou plus exactement des surfaces de matériaux semiconducteurs) qui ont la particularité d'avoir des liaisons pendantes, capables
10 d'accueillir des atomes d'hydrogène.

Dans cet exemple, on traite la surface d'un substrat de carbure de silicium (SiC) monocristallin de structure cubique.

15 L'exemple considéré permet de remédier aux inconvénients de l'art antérieur en métallisant la totalité de la surface du SiC, par exposition directe à de l'hydrogène (naturel) atomique jusqu'à saturation, et cela sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à un
20 appareillage compliqué.

Il convient de noter que ce comportement de l'hydrogène (action de métallisation) est à l'opposé de son rôle habituel qui est de passiver les surfaces semiconductrices.

25 La métallisation se produit uniquement en surface, les couches sous-jacentes du matériau ainsi traité restant semiconductrices, ce qui est particulièrement intéressant en microélectronique où l'on recherche une interface abrupte entre les éléments
30 conducteurs et semiconducteurs d'un circuit et le

contact le plus fin possible entre les différents éléments du circuit.

Dans l'exemple considéré, pour métalliser la surface du SiC cubique en utilisant de l'hydrogène, cette surface est préparée afin de présenter, à l'échelle atomique, une organisation contrôlée de symétrie 3x2. Cette surface est ensuite exposée à de l'hydrogène atomique jusqu'à saturation. Lors de l'exposition à l'hydrogène, le SiC est maintenu à une température de 300°C.

Plus précisément, pour obtenir la métallisation de la surface du SiC cubique en utilisant de l'hydrogène, on suit la procédure mentionnée ci-après, à propos de laquelle on pourra aussi se référer à WO 98/27578 (« Fils atomiques de grande longueur et de grande stabilité, procédé de fabrication de ces fils, application en nanoélectronique ») ainsi qu'à Semond et al., Phys. Rev. Lett. 77, 2013 (1996).

Le SiC cubique est placé dans une enceinte de traitement, dans laquelle règne une pression inférieure à 5×10^{-10} hPa, et chauffé par passage d'un courant électrique directement dans ce substrat de SiC. Ce dernier est chauffé pendant plusieurs heures à 650°C puis porté plusieurs fois à 1100°C pendant une minute.

A l'aide d'une source de silicium chauffée à 1300°C, on dépose plusieurs monocouches de silicium sur la surface (100) du SiC cubique.

A l'aide de recuits thermiques, on évapore, de façon contrôlée, une partie du silicium déposé jusqu'à ce que la surface présente une organisation à l'échelle atomique (reconstruction) de symétrie 3x2.

Cette symétrie de la surface peut être contrôlée par diffraction d'électrons.

On expose ensuite cette surface à de l'hydrogène atomique. Pour produire cet hydrogène atomique, on utilise de l'hydrogène moléculaire ultra pur que l'on décompose grâce à un filament de tungstène incandescent placé à 2 cm du SiC. Au cours de cette exposition, la surface est maintenue à une température égale à 300°C.

La surface doit être exposée jusqu'à saturation. Cette saturation peut être contrôlée par un STM, c'est-à-dire un microscope à effet tunnel (en anglais « scanning tunneling microscope »), ou par la technique de photoémission de bande de valence.

Le STM montre une surface saturée bien ordonnée et de symétrie 3x2.

La photoémission de bande de valence révèle le caractère métallique de la surface saturée : les spectres de photoémission de la surface 3x2 saturée d'hydrogène atomique présentent une densité d'états non nulle au niveau de Fermi (marche de Fermi).

Ce procédé conforme à l'invention, dont on vient de donner un exemple, n'est pas limité à SiC. Il s'applique aux autres semiconducteurs élémentaires et semiconducteurs composés ayant la particularité d'avoir des liaisons pendantes, capables d'accueillir des atomes d'hydrogène.

De plus, au lieu de l'hydrogène naturel, à l'état atomique, on peut utiliser l'isotope ^1H seul (à l'état atomique) ou l'isotope ^2H seul (à l'état

atomique) ou tout mélange des isotopes ^1H et ^2H (à l'état atomique).

En outre, d'autres techniques d'hydrogénation sont possibles.

5 En particulier, pour obtenir la métallisation de la surface de SiC par l'hydrogène, on peut utiliser une technique chimique ex situ (par exemple une technique d'hydrogénation humide - voir le document [2]).

10 En fait, toute méthode permettant d'obtenir une surface 3x2 ordonnée à l'échelle atomique et saturée d'hydrogène conduit à la métallisation de la surface.

15 Il convient de noter que les surfaces conductrices ainsi obtenues présentent des améliorations techniques par rapport à l'art antérieur (contact fin, interface abrupte).

On décrit maintenant un deuxième exemple du procédé objet de l'invention, permettant de passiver
20 une surface semiconductrice $\beta\text{SiC}(100)\text{c}(4\times 2)$ en exposant cette surface à de l'hydrogène moléculaire à température ambiante.

L'invention permet de remédier aux inconvénients des procédés de l'art antérieur et de
25 simplifier ces procédés, en soumettant la surface de $\beta\text{SiC}(100)\text{c}(4\times 2)$ directement (une étape de dissociation n'est plus nécessaire) à de très faibles pressions (10^{-8} hPa) d'hydrogène moléculaire, tout en restant à la température ambiante.

La passivation qui en résulte s'accompagne d'une transition de la structure de la surface, à savoir la transition $(c(4 \times 2) \rightarrow 2 \times 1)$.

Le SiC obtenu présente alors une surface
5 passivée sans imperfections, chaque dimère formé étant à la même hauteur.

Plus précisément, pour passiver la surface du SiC cubique en utilisant de l'hydrogène, cette surface est préparée afin de présenter, à l'échelle
10 atomique, une organisation contrôlée de symétrie $c(4 \times 2)$. Cette surface est ensuite exposée à de l'hydrogène moléculaire jusqu'à saturation. Lors de l'exposition à l'hydrogène moléculaire, le SiC est maintenu à température ambiante.

15 Dans l'exemple considéré, pour obtenir la passivation de la surface d'un substrat de SiC cubique en utilisant de l'hydrogène, on procède comme on l'indique ci-après (et, à ce propos, on pourra aussi se reporter à P. Soukiasian et al., Phys. Rev. Lett. 78,
20 907 (1977)).

Le substrat SiC cubique est placé dans une enceinte de traitement, dans laquelle règne une pression inférieure à 5×10^{-10} hPa, et chauffé par passage d'un courant électrique directement dans ce
25 substrat de SiC. Ce dernier est chauffé pendant plusieurs heures à 650°C puis porté plusieurs fois à 1100°C pendant une minute.

A l'aide d'une source de silicium chauffée à 1300°C , on dépose plusieurs monocouches de silicium
30 sur la surface (100) du SiC cubique.

A l'aide de recuits thermiques à 1000°C, on évapore, de façon contrôlée, une partie du silicium déposé jusqu'à ce que la surface présente une organisation à l'échelle atomique (reconstruction) de symétrie 3x2. Cette symétrie de la surface peut être contrôlée par diffraction d'électrons.

Au moyen de recuits thermiques à 1100°C, on transforme la surface de symétrie 3x2 jusqu'à ce qu'elle présente une organisation à l'échelle atomique (reconstruction) de symétrie c(4x2).

On expose ensuite cette surface à l'hydrogène moléculaire ultra pur à basse pression (10^{-8} hPa).

Au cours de cette exposition, la surface est maintenue à température ambiante.

La surface de SiC est exposée jusqu'à saturation (supérieure à 50L).

Cette saturation peut être contrôlée par un STM ou par une technique de photoémission de bande de valence.

Le STM révèle une surface ordonnée 2x1.

La photoémission de bande de valence révèle la disparition de l'état électronique de surface qui était dû aux liaisons pendantes du silicium de surface.

D'autres techniques permettraient d'obtenir la passivation de la surface de SiC par l'hydrogène, en particulier des techniques chimiques ex situ.

En fait, toute méthode permettant d'obtenir une surface 2x1 ordonnée à l'échelle atomique et saturée d'hydrogène doit conduire à la passivation de la surface.

On explique maintenant un troisième exemple du procédé objet de l'invention et, pour cet exemple, on se référera au document suivant :

[7] Demande internationale n° PCT/FR99/02979, n° de publication internationale WO 00/32853, intitulée
5 « Couche monoatomique et monocristalline de grande taille, en carbone de type diamant, et procédé de fabrication de cette couche », invention de V. Derycke, G. Dujardin, A. Mayne et P. Soukiassian.

10 Selon le procédé décrit dans ce document [7], on forme un substrat monocristallin 2 (figure) en SiC terminé par un plan atomique de carbone S selon une reconstruction $c(2 \times 2)$, ce plan étant un plan de dimères carbone-carbone 4 de configuration sp , et l'on effectue
15 au moins un recuit de ce substrat, ce recuit étant apte à transformer le plan de dimères carbone-carbone 4 de configuration sp en un plan de dimères carbone-carbone 6 de configuration sp^3 formant ainsi une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type
20 diamant.

Selon l'exemple considéré de l'invention, tout en effectuant ce ou ces recuits, on expose la surface S du substrat 2 (plan atomique de carbone) à de l'hydrogène moléculaire ou atomique.

25 L'interaction de l'hydrogène avec cette surface terminée carbone de type sp favorise la transition sp^3 de type diamant car les atomes d'hydrogène fragilisent et cassent les triples liaisons $C \equiv C$ de type sp , ce qui favorise la formation de dimères
30 de carbone avec simples liaisons $C-C$ de type sp^3 de type diamant.

Pour favoriser la transition sp^3 de type diamant, on peut utiliser, au lieu de l'hydrogène, des molécules contenant de l'hydrogène, des métaux (par exemple des métaux alcalins ou des métaux de transition) ou d'autres molécules organiques ou inorganiques permettant d'obtenir cette transition.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de la surface d'un matériau semiconducteur, en vue de mettre cette surface dans un état électrique prédéfini, le matériau
5 semiconducteur étant de préférence monocristallin, ce procédé étant caractérisé en ce que :

- on prépare la surface du matériau semiconducteur pour que cette surface présente, à l'échelle atomique, une organisation contrôlée, et
10 - on combine la surface ainsi préparée à une matière choisie parmi l'hydrogène, des molécules contenant de l'hydrogène, des métaux, des molécules organiques et des molécules inorganiques, la préparation et la combinaison de la surface à la
15 matière coopérant pour obtenir l'état électrique prédéfini de la surface.

2. Procédé selon la revendication 1, la matière étant l'hydrogène, l'état électrique prédéfini étant un état conducteur, ce procédé permettant la
20 métallisation de la surface du matériau semiconducteur, dans lequel

- on prépare cette surface de façon que cette surface possède des liaisons pendantes, capables d'adsorber des atomes d'hydrogène, et
25 - on hydrogène la surface ainsi préparée, de manière à métalliser cette surface.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel, pour hydrogéner la surface ainsi préparée, on expose directement cette surface à de l'hydrogène à
30 l'état atomique, jusqu'à saturation.

4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel, pour hydrogéner la surface ainsi préparée, on utilise une technique chimique d'hydrogénation ex situ.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel le matériau semiconducteur est le carbure de silicium.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le carbure de silicium a une structure cubique et la surface du carbure de silicium est préparée de façon à présenter, à l'échelle atomique, une organisation contrôlée de symétrie 3x2, puis cette surface est exposée à l'hydrogène atomique jusqu'à saturation.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel le carbure de silicium est maintenu à une température comprise dans l'intervalle allant de la température ambiante à 900°C, en particulier 300°C, lors de l'hydrogénation de la surface du carbure de silicium.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, dans lequel l'hydrogène est l'isotope ^1H ou l'isotope ^2H ou un mélange de ceux-ci.

9. Procédé selon la revendication 1, la matière étant l'hydrogène, l'état électrique prédéfini étant un état isolant et le matériau semiconducteur étant le carbure de silicium cubique, ce procédé permettant la passivation de la surface du carbure de silicium cubique, dans lequel

- on prépare cette surface de façon que cette surface présente, à l'échelle atomique, une organisation contrôlée de symétrie c(4x2), et

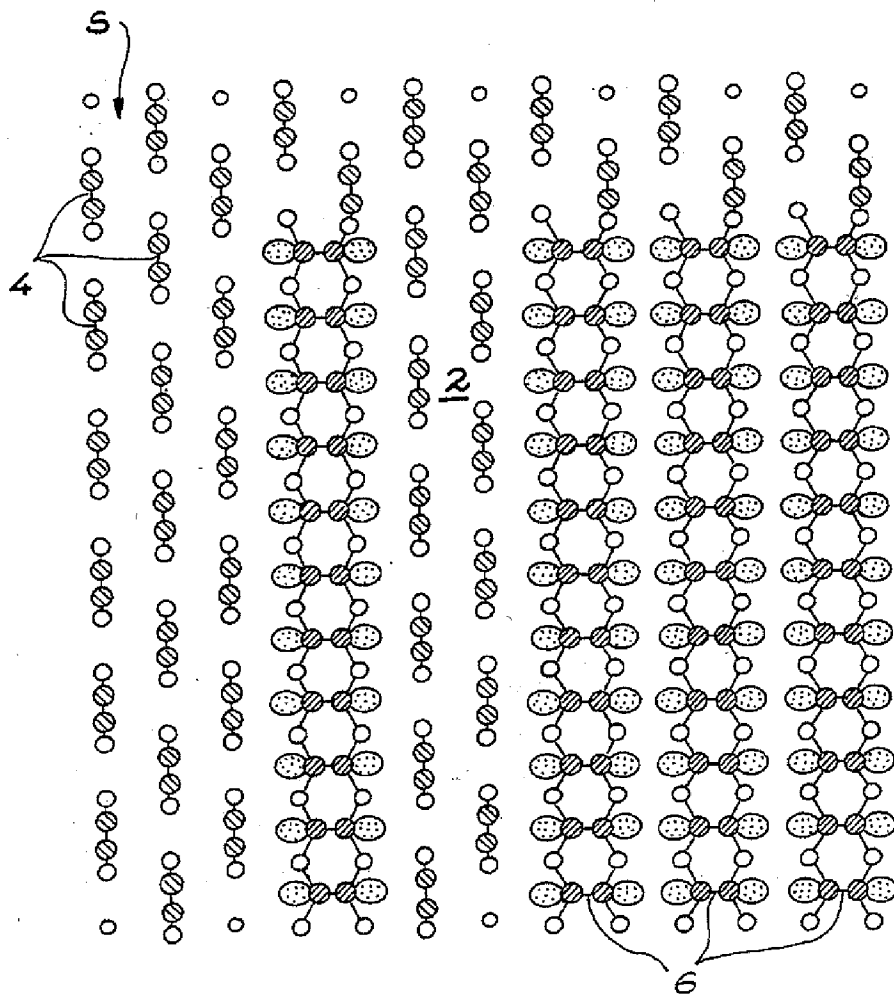
- on traite la surface ainsi préparée pour obtenir une surface 2x1 ordonnée à l'échelle atomique et saturée d'hydrogène.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel, pour obtenir la surface 2x1 ordonnée à l'échelle atomique et saturée d'hydrogène, on expose la surface présentant, à l'échelle atomique, l'organisation contrôlée de symétrie $c(4 \times 2)$, à de l'hydrogène moléculaire, jusqu'à saturation, tout en maintenant le carbure de silicium à la température ambiante.

11. Procédé selon la revendication 1, l'état électrique prédéfini étant un état semiconducteur et le matériau semiconducteur étant un substrat monocristallin de carbure de silicium terminé par un plan atomique de carbone de configuration sp , constituant la surface du matériau, dans lequel on transforme ce plan en un plan atomique de carbone de configuration sp^3 , de type diamant, tout en exposant la surface à la matière, afin de favoriser cette transformation.

12. Surface (S) du matériau semiconducteur, obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

25





2823770

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 601601
FR 0105317

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|--|--|----------------------------------|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X | US 5 363 800 A (LARKIN DAVID J ET AL) 15 novembre 1994 (1994-11-15) * colonne 7, ligne 18 - ligne 51 * | 1,12 | C30B33/00 C30B29/36 B05D5/12 |
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 11, 28 novembre 1997 (1997-11-28) & JP 09 181355 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 11 juillet 1997 (1997-07-11) * abrégé * | 1,2,5,12 | |
| A | FR 2 786 794 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 9 juin 2000 (2000-06-09) * le document en entier * | 1-12 | |
| A,D | & WO 00 32853 A (CEA) 8 juin 2000 (2000-06-08) | | |
| A | FR 2 757 183 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 juin 1998 (1998-06-19) * revendication 7 * | 1,2,5,12 | |
| A,D | & WO 98 27578 A (CEA) 25 juin 1998 (1998-06-25) | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) |
| A,D | SEMOND F ET AL: "ATOMIC STRUCTURE OF THE BETA-SIC(100)-(3X2)SURFACE" PHYSICAL REVIEW LETTERS, NEW YORK, NY, US, vol. 77, no. 10, 2 septembre 1996 (1996-09-02), pages 2013-2016, XP000647083 ISSN: 0031-9007 | | C30B H01L |
| | -/- | | |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 7 janvier 2002 | | Cook, S | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | | |
| <p>X: particulièrement pertinent à lui seul Y: particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire</p> <p>T: théorie ou principe à la base de l'invention E: document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D: cité dans la demande L: cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p> | | | |

EPO FORM 1503 12.99 (P4C14)

INPI
INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 601601
FR 0105317

2823770

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0105317 FA 601601**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 07-01-2002.
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française.

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|--|
| US 5363800 A | 15-11-1994 | AU 2250392 A WO 9222922 A2 | 12-01-1993 23-12-1992 |
| JP 09181355 A | 11-07-1997 | AUCUN | |
| FR 2786794 A | 09-06-2000 | FR 2786794 A1 EP 1137826 A1 WO 0032853 A1 | 09-06-2000 04-10-2001 08-06-2000 |
| FR 2757183 A | 19-06-1998 | FR 2757183 A1 EP 0944916 A1 WO 9827578 A1 JP 2001506806 T US 6274234 B1 | 19-06-1998 29-09-1999 25-06-1998 22-05-2001 14-08-2001 |

EPC FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82